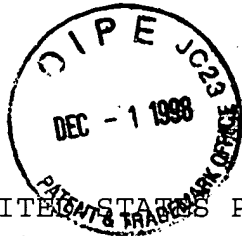


35.C12892



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
KEISUKE ARAKI, ET AL.)	Examiner: Unassigned
Application No.: 09/127,031)	Group Art Unit: 2851
Filed: July 31, 1998)	
For: OPTICAL ELEMENT AND)	December 1, 1998
OPTICAL APPARATUS)	

Box Missing Parts
The Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Applications:

No. 9-221950 filed August 4, 1997, and

No. 10-179706 filed June 11, 1998.

Certified copies of the priority documents are enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our below-listed address.

Respectfully submitted,

Daniel Glueck

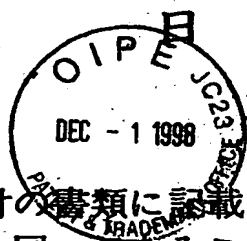
Attorney for Applicants

Registration No. 37,838

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

F504\W170700\DSG\tnt

CF0 12892 US / w



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1997年 8月 4日

出願番号
Application Number:

平成 9年特許願第221950号

出願人
Applicant(s):

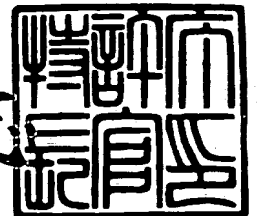
キヤノン株式会社

SN: 09127,031
CAU: 2851

1998年 9月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平10-3070966

【書類名】 特許願

【整理番号】 3546051

【提出日】 平成 9年 8月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B

【発明の名称】 光学素子及びそれを用いた光学装置

【請求項の数】 51

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 荒木 敬介

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 須永 敏弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 田中 常文

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 関田 誠

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 木村 研一

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086818

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009623

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子及びそれを用いた光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1回結像させる物体側結像要素および中間結像面に形成した物体像を最終像面に再結像させる像側結像要素を含み、該物体像を最終像面に結像させる光学素子を備え、該物体側結像要素又は該像側結像要素の少なくとも一方はオフアキシヤル曲面を含むオフアキシヤル光学系より成り、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して、該中間結像面近傍にノイズ発生源が存在する場合に、最終像面上で該ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化していることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 入射面から入射した光束を複数の反射面のうちの一部の反射面で反射させて、中間結像面に物体像を形成し、該物体像に基づく光束を該複数の反射面のうちの残りの反射面で反射させて出射面より出射させて、所定面上に導光するようにした光学素子であって、該入射面から該中間結像面までに至る物体側結像要素と該中間結像面から出射面までに至る像側結像要素のうち少なくとも一方にはオフアキシヤル曲面が設けられており、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して該中間結像面近傍に存在するノイズ発生源によって該所定面上に生ずる光強度分布を平坦化していることを特徴とする光学素子。

【請求項3】 透明体の表面に設けた入射面から入射した光束を該透明体の表面に設けた複数の反射面のうちの一部の反射面で反射させて、該透明体の内部の中間結像面に物体像を形成し、該物体像に基づく光束を該複数の反射面のうちの残りの反射面で反射させて該透明体の表面に設けた出射面より出射させて、所定面上に導光するようにした光学素子であって、該入射面から該中間結像面までに至る物体側結像要素と該中間結像面から出射面までに至る像側結像要素のうち少なくとも一方にはオフアキシヤル曲面が設けられており、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して該中間結像面近傍に存在するノイズ発生源によって該所定面上に生ずる光強度分布を平坦化していることを特徴とする光学素子。

【請求項4】 前記諸収差の制御は前記中間結像面における前記物体側結像要素の結像性能を劣化させ、該劣化させた結像性能を前記像側結像要素で補正することを特徴とする請求項1、2又は3の光学素子。

【請求項5】 前記オフアキシヤル曲面は前記複数の反射面のうちの1つの反射面に設けられていることを特徴とする請求項2又は3の光学素子。

【請求項6】 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$V / |\beta 11| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項7】 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$3 \cdot V / |\beta 11| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項8】 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$5 \cdot V / |\beta 11| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項9】 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から軸外まで画角に依存しない特定の収差を発生させることにより行っていることを特徴とする請求項4の光学素子。

【請求項10】 前記特定の収差は軸上非点収差であることを特徴とする請求項9の光学素子。

【請求項11】 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化

は軸上から軸外まで画角に依存しないで発生する子午断面の光線が子午断面から飛び出すねじれの収差により行っていることを特徴とする請求項9の光学素子。

【請求項12】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の2倍以上になっていることを特徴とする請求項9又は11の光学素子。

【請求項13】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていることを特徴とする請求項9又は11の光学素子。

【請求項14】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていることを特徴とする請求項9又は11の光学素子。

【請求項15】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の5倍以上になっていることを特徴とする請求項9又は11の光学素子。

【請求項16】 前記光学素子は焦点距離の変化しない構造より成っていることを特徴とする請求項1～15のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項17】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、アナモフィックな屈折力を持つ面を有していることを特徴とする請求項1から16のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項18】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、共通の対称面を持たない光学系より成っていることを特徴とする請求項1から17のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項19】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、対称性の全くない面を含んでいることを特徴とする請求項1から17のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項20】 請求項1から19のいずれか1項記載の光学素子を用いて物体像を撮像素子に結像していることを特徴とする光学装置。

【請求項21】 請求項1から19のいずれか1項記載の光学素子を複数用いて、そのうち少なくとも2つの光学素子間の相対的位置を変化させて物体像を撮像素子に異なった倍率で結像していることを特徴とする光学装置。

【請求項22】 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.0 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項20又は21の光学装置。

【請求項23】 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項20又は21の光学装置。

【請求項24】 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項20又は21の光学装置。

【請求項25】 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$2.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項20又は21の光学装置。

【請求項26】 前記少なくとも2つの光学素子間の相対的位置の変化を該光学素子のうち少なくとも一方を基準軸方向に変位させて行っていることを特徴

とする請求項21の光学装置。

【請求項27】 物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1回結像させる物体側結像要素および中間結像面に形成した物体像を最終像面に再結像させる像側結像要素を含み、該物体像を最終像面に結像させる光学系において、該物体側結像要素又は該像側結像要素の少なくとも一方はオフアキシヤル曲面を含むオフアキシヤル光学要素より成り、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して、該中間結像面近傍にノイズ発生源が存在する場合に、最終像面上で該ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化していることを特徴とする光学系。

【請求項28】 前記オフアキシヤル曲面は反射面より成っていることを特徴とする請求項27の光学系。

【請求項29】 前記諸収差の制御は前記中間結像面における前記物体結像要素の結像性能を劣化させ、該劣化させた結像性能を前記像側結像要素で補正することを特徴とする請求項27又は28の光学系。

【請求項30】 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき意図的に

$$V / |\beta 11| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項27から29のいずれか1項記載の光学系。

【請求項31】 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$3 \cdot V / |\beta 11| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項27から29のいずれか1項記載の光学系。

【請求項32】 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 11$ 、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$5 \cdot V / |\beta_{11}| < U$$

となるように各要素を設定していることを特徴とする請求項27から29のいずれか1項記載の光学系。

【請求項33】 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から軸外まで画角に依存しない特定の収差を発生させることにより行っていることを特徴とする請求項29の光学系。

【請求項34】 前記特定の収差は軸上非点収差であることを特徴とする請求項33の光学系。

【請求項35】 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から軸外まで画角に依存しないで発生する子午断面の光線が子午断面から飛び出すねじれの収差により行っていることを特徴とする請求項33の光学系。

【請求項36】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の2倍以上になっていることを特徴とする請求項33又は35の光学系。

【請求項37】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていることを特徴とする請求項33又は35の光学系。

【請求項38】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていることを特徴とする請求項33又は35の光学系。

【請求項39】 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の5倍以上になっていることを特徴とする請求項33又は35の光学系。

【請求項40】 前記光学素子は焦点距離の変化しない単焦点距離部材より成っていることを特徴とする請求項27～39のいずれか1項記載の光学素子。

【請求項41】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、アナモフィックな屈折力を持つ面を有していることを特徴とする請求項2

7から40のいずれか1項記載の光学系。

【請求項42】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、共通の対称面を持たない光学系より成っていることを特徴とする請求項27から41のいずれか1項記載の光学系。

【請求項43】 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、対称性の全くない面を含んでいることを特徴とする請求項27から41のいずれか1項記載の光学系。

【請求項44】 請求項27から43のいずれか1項記載の光学系を用いて物体像を撮像素子に結像していることを特徴とする光学装置。

【請求項45】 請求項27から44のいずれかの光学系を少なくとも1つ含む光学装置において、物体の像を最終像面に結像させるトータルな結像光学系は、焦点距離、結像倍率、最終結像面でのピントのうちの少なくとも1つを変化させることができることを特徴とする光学装置。

【請求項46】 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.0 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項44又は45の光学装置。

【請求項47】 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項44又は45の光学装置。

【請求項48】 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項44又は45の光学装置。

【請求項49】 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$25 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足することを特徴とする請求項44又は45の光学装置。

【請求項50】 前記少なくとも2つの光学系間又は光学系と像面間の相対的位置の変化を該光学系又は像面のうち少なくとも一つを基準軸方向に変位させて行っていることを特徴とする請求項45の光学装置。

【請求項51】 前記光学系の焦点距離、結像倍率、最終結像面でのピントのうち少なくとも1つを変化させることをトータルな光学系を構成する少なくとも1つの部分の光学系のブロックの基準軸の沿っての最終像面に対する相対距離を変化させることによって行うことを特徴とする請求項45の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光学素子及びそれを用いた光学装置に関し、例えば装置全体の小型化を図りつつ、物体の像を最終像面に結像させる際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、物体の像を最終像面に結像させる光学装置（以下「光学系」ともいう。）においては、倒立実像系が光学系として主として用いられている。

【0003】

一方、第1面から最終像面までの光路長が長い光学系において、該光学系の断面を小さくしたい時や正立像が得たい場合などには中間結像をする光学系が用いられている。

【0004】

図6 (A) から図6 (C) には、そうした光学系の概念図を示している。図6 (A) は共軸系での中間結像の場合での概念図である。

【0005】

図中1は物体面、5は光学系であり、レンズ系10, 12, 11より成っている。2は中間結像面であり、レンズ系12の内部に位置している。3は最終像面である。

【0006】

同図において物体1からの光束はレンズ系10で集光され、レンズ系12の中部の中間結像面2に結像し、その後レンズ系11によって最終像面3に正立の物体像を形成している。

【0007】

ここで、レンズ系10は物体面1の像をレンズ系12中の中間結像面2に結像させる物体側結像要素を構成させている。レンズ系11は中間結像面2の像を最終像面3に再結像させる像側結像要素を構成している。

【0008】

これら部分要素が結像光学系5の一部を構成している。ここでレンズ系12は中間結像面2付近の光学系を概念的に表わしており、具体的にはフィールドレンズやプリズムブロック等が対応している。

【0009】

図6 (B) は屈折率分布媒質を用いた正立実像結像系の要部断面図である。同図において物体1からの光束は結像光学系(光学系)5の前半部分10で集光された中間結像面に結像し、その後、結像光学系5の後半部分11によって最終結像面3に物体像を形成している。この場合、レンズ系10は物体側結像部分要素を構成し、11は像側結像要素を構成し、これらは一体になって結像光学系5を構成している。こうした屈折率分布媒質を用いた正立実像結像系のうち、正立等倍結像系はこうした結像系をレンズアレイとしたものが複写機等で用いられている。

【0010】

図6 (C) は特開平8-292371号公報に開示されている非共軸光学系で

の中間結像を持つ場合の光学装置の要部概略図である。同図において物体1からの光束は絞り4を通過後、光学素子5の入射面10-1より屈折入射し、凹面反射面10-2で反射した後に中間結像面2に結像する。中間結像面2からの光束は、その後、反射面11-1, 11-2, 11-3で反射し、出射面10-4より出射して最終像面3に物体像を形成している。

【0011】

この図においては、共軸系の光軸に対応するものとして、基準軸（8-1から8-5）の概念が用いられている。これは、物体面1の中心と絞り4の中心を通る基準波長の光線の光路として定義されるものである。

【0012】

こうした光学系は、光軸に対応する基準軸が構成面と交わる点において、基準軸と面法線が一致せず、0でない有限の角度をなす面を含むので、Off-Axial光学系とよばれる（Off-Axial光学系の定義）。この場合においても、物体側結像要素を構成する前方要素10（面10-1、10-2）と像側結像要素を構成する後方要素11（面11-1、11-2、11-3、11-4）は一体になって結像光学系5を構成している。

【0013】

なお、こうした非共軸、Off-Axial光学系については特開平9-5650号公報において、面形状の設定方法や近軸量の計算方法がOff-Axial光学系の性質とともに詳しく述べられている。

【0014】

なお、図6（A）～図6（C）には、簡単のためいずれも中間結像は1回で表現してあるが、複数回（2回以上）中間結像して最終像面に結像するものも知られている。

【0015】

一般に、こうした中間結像をする光学系においては、中間結像面での球面収差等の結像性能を保っておき、これを伝送することで最終像面での結像性能を保とうとする設計手法がとられている。この手法は通常の設計手法を複数回使うだけなので概念的にもわかりやすく、設計もしやすい。また、自動設計の手法を用い

て設計を行なう場合には、一般に中間結像面での結像特性は全く考慮せず、最終像面での結像特性だけを考慮した設計が行なわれることもある。

【0016】

しかし、そうした場合であっても、中間結像での球面収差等の結像特性はそこに保たれた解に一般的にはたどり着く。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

レンズ系中や光学ブロック中等に中間結像面を形成するようにした光学系においては、中間結像位置の近傍に伝送したい像（物体像）とは無関係なごみ、泡、疵などのノイズ発生源が存在する場合がある。

【0018】

こうしたノイズ発生源によるノイズが最終像面の像にのってしまふと画像が見にくくなるという問題点が生じてくる。伝送したい像とは無関係なごみ、泡、疵とは、具体的には図7（A）の（共軸系）、図7（B）の（非共軸）に示されるような中間結像面2近傍の内部充填の光学部材中のごみ、泡（図中ではNOと表示）の場合もあるし、図7（C）の（c）（共軸系）、図7（D）の（非共軸、Off-Axial光学系）に示されるような中間結像面2近傍の光学系の構成面上にできた疵（図中ではNOと表示）の場合もある。

【0019】

また特殊なものとしては、図7（E）に示すようなフィールドレンズ12にフレネルレンズ、回折型レンズを使用した場合のフレネルレンズ、回折型レンズの段差の縞模様Cの場合もある。

【0020】

一般に、こうした、ごみ、泡、疵等のノイズ発生源を目立たなくする方法としては、従来は特開平6-265814号公報等にも示されているように、中間結像面を空気中に配置するように設計し、光学媒体中や、その表面、反射面上に存在するノイズ発生源をデフォーカス状態になるようにすることが一般的である。

【0021】

しかしながら、こうしたデフォーカスによるノイズ発生源を目立たなくさせる

方法では、特開平8-292371号公報に示されるように、光学媒質を一体的に形成して、その内部に中間像を結ばせることにより、小型化を図る光学系においては、内部には空気層が存在しないため、こうした方法は使えないという問題があった。

【0022】

また、特開平6-265814号公報には、中間結像面において意図的に球面収差等の収差を出させて、フィールドレンズとしてのフレネルレンズの縞を目立たなくさせるという実施例も紹介されている。しかしながら、こうした収差の発生は回転対称系を使って収差を出させるために、収差は3次以上のものであり、特に光学系を絞った場合等、暗い光学系では1次で効くデフォーカスによる方法に比べて、効果が小さいという問題があった。

【0023】

また、特開平8-292372号公報に示されるような、中間像がズームポジションによって移動する場合においては、たとえ、あるズームポジションで中間像を空気中に出しておいても、別のズームポジションでは構成面の表面近くや、或いは光学媒質中に中間結像面が来ることが起こり、そうした場合には、そのズームポジションではノイズ発生源を目立たなくできないという問題があった。

【0024】

また焦点距離が変化しなくても物体距離が変化する場合は、最終像面はフォーカシングによってあわせることができるが、その際には中間結像面の位置も変化しているので、たとえ1つの物体距離でデフォーカスによって中間像を空気中に出しておいても、別の物体距離では構成面の表面近くや或いは媒質中に中間結像面が来ることが起こり、そうした場合にはその物体距離ではノイズ発生源を目立たなくできないという問題があった。

【0025】

ここで、問題となるごみ、泡、疵等の大きさについて言及しておこう。一般に、撮像素子上でごみ、泡、疵等のノイズが問題になるレベルは製品の種類や画像の種類あるいは個人にによってまちまちであるが、総じて言うと、ピントがあった状態で最終撮像面上のごみ、泡、疵等のノイズ発生源の像の大きさとしては、

撮像素子の画素の大きさ等で与えられる最小分解能（ b とおく）の長さの5 倍程度（すなわち $5b$ ）を越えると気になる場合が多い。

【0026】

この5 倍という数字は、複数人の被験者に対する複数の種類の画像での実験によって割り出した数字であり、1画素程度の欠落ではさほど気にならないが、5倍程度になると気になってくることが多いという事実に対応したものである。従って、図6（A）～図6（C）において、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素のレンズ系11の結像倍率を $\beta 11$ とした場合、中間結像面2近傍での問題となるノイズ発生源の大きさはほぼ、

$$5b/|\beta 11| \dots\dots (式1)$$

以上ということになる。

【0027】

ここで、 $|\beta 11|$ は像側結像要素のレンズ系11の結像倍率を $\beta 11$ の絶対値を表わす。たとえば、撮像素子であるCCDの画素サイズを5 ミクロン角とし、 $\beta 11$ を等倍とすれば、中間結像面付近で問題になるノイズ源の大きさは25ミクロン以上ということになる。

【0028】

本発明は物体像を最終像面に至るまでの光路中に少なくとも1 回、中間結像させる光学装置において、物体側結像要素のレンズ系および中間像を最終像面に再結像させる像側結像要素のレンズ系を適切に設定することによって、該中間像位置及びその近傍にノイズ発生源が存在する場合であっても最終像面上で前記ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化することにより、最終像面上の画像上のノイズによる擾乱を目立ちにくくし、最終像面において良好なる画像が得られるようにした光学素子及びそれをを用いた光学装置の提供を目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】

本発明の光学素子は、

(1-1) 物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1 回結像させる物体側結像要素および中間結像面に形成した物体像を最終像面に再結像さ

せる像側結像要素を含み、該物体像を最終像面に結像させる光学素子を備え、該物体側結像要素又は該像側結像要素の少なくとも一方はオフアキシャル曲面を含むオフアキシャル光学系より成り、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して、該中間結像面近傍にノイズ発生源が存在する場合に、最終像面上で該ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化していることを特徴としている。

【0030】

(1-2) 入射面から入射した光束を複数の反射面のうちの一部の反射面で反射させて、中間結像面に物体像を形成し、該物体像に基づく光束を該複数の反射面のうちの残りの反射面で反射させて出射面より出射させて、所定面上に導光するようにした光学素子であって、該入射面から該中間結像面までに至る物体側結像要素と該中間結像面から出射面までに至る像側結像要素のうち少なくとも一方にはオフアキシャル曲面が設けられており、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して該中間結像面近傍に存在するノイズ発生源によって該所定面上に生ずる光強度分布を平坦化していることを特徴としている。

【0031】

(1-3) 透明体の表面に設けた入射面から入射した光束を該透明体の表面に設けた複数の反射面のうちの一部の反射面で反射させて、該透明体の内部の中間結像面に物体像を形成し、該物体像に基づく光束を該複数の反射面のうちの残りの反射面で反射させて該透明体の表面に設けた出射面より出射させて、所定面上に導光するようにした光学素子であって、該入射面から該中間結像面までに至る物体側結像要素と該中間結像面から出射面までに至る像側結像要素のうち少なくとも一方にはオフアキシャル曲面が設けられており、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して該中間結像面近傍に存在するノイズ発生源によって該所定面上に生ずる光強度分布を平坦化していることを特徴としている。

【0032】

特に、構成(1-1)～(1-3)において

(1-3-1) 前記諸収差の制御は前記中間結像面における前記物体側結像要素の結像性能を劣化させ、該劣化させた結像性能を前記像側結像要素で補正すること。

【0033】

(1-3-2) 前記オフアキシャル曲面は前記複数の反射面のうちの1つの反射面に設けられていること。

【0034】

(1-3-3) 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を β 1 1、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズをV、前記中間結像面におけるスポットサイズをUとしたとき

$$V / |\beta 1 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0035】

(1-3-4) 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を β 1 1、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズをV、前記中間結像面におけるスポットサイズをUとしたとき

$$3 \cdot V / |\beta 1 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0036】

(1-3-5) 前記光学素子は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を β 1 1、該絞りの絞り径を固定したときの最終像面上におけるスポットサイズをV、前記中間結像面におけるスポットサイズをUとしたとき

$$5 \cdot V / |\beta 1 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0037】

(1-3-6) 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から軸外まで画角に依存しない特定の収差を発生させることにより行っていること。

【0038】

(1-3-7) 前記特定の収差は軸上非点収差であること。

【0039】

(1-3-8) 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から軸外まで画角に依存しないで発生する子午断面の光線が子午断面から飛び出すね

じれの収差により行っていること。

【0040】

(1-3-9) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の2倍以上になっていること。

【0041】

(1-3-10) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていること。

【0042】

(1-3-11) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていること。

【0043】

(1-3-12) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の5倍以上になっていること。

【0044】

(1-3-13) 前記光学素子は焦点距離の変化しない構造より成っていること。

【0045】

(1-3-14) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、アナモフィックな屈折力を持つ面を有していること。

【0046】

(1-3-15) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、共通の対称面を全く持たない光学系より成っていること。

【0047】

(1-3-16) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、対称性のない面を含んでいること。
等の特徴としている。

【0048】

本発明の光学装置は、

(2-1) 構成(1-1) ～(1-3) の光学素子を用いて物体像を撮像素子に結像していることを特徴としている。

【0049】

(2-2) 構成(1-1) ～(1-3) の光学素子を複数用いて、そのうち少なくとも2つの光学素子間の相対的位置を変化させて物体像を撮像素子に異なった倍率で結像していることを特徴としている。

【0050】

特に、構成(2-1) 又は(2-2) において

(2-2-1) 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.0 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0051】

(2-2-2) 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0052】

(2-2-3) 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0053】

(2-2-4) 前記光学素子の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を $\beta 11$ としたとき

$$25 \cdot b / |\beta 11| < SD$$

を満足すること。

【0054】

(2-2-5) 前記少なくとも2つの光学素子間の相対的位置の変化を該光学素子のうち少なくとも一方を基準軸方向に変位させて行っていること。

等の特徴としている。

【0055】

本発明の光学系は、

(3-1) 物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1回結像させる物体側結像要素および中間結像面に形成した物体像を最終像面に再結像させる像側結像要素を含み、該物体像を最終像面に結像させる光学系において、該物体側結像要素又は該像側結像要素の少なくとも一方はオフアキシャル曲面を含むオフアキシャル光学要素より成り、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して、該中間結像面近傍にノイズ発生源が存在する場合に、最終像面上で該ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化していることを特徴としている。

【0056】

特に、

(3-1-1) 前記オフアキシャル曲面は反射面より成っていること。

【0057】

(3-1-2) 前記諸収差の制御は前記中間結像面における前記物体結像要素の結像性能を劣化させ、該劣化させた結像性能を前記像側結像要素で補正すること。

【0058】

(3-1-3) 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 1$ 、
1、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、
前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき意図的に

$$V / |\beta 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0059】

(3-1-4) 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 1$ 、
1、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、
前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$3 \cdot V / |\beta 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0060】

(3-1-5) 前記光学系は絞りを有しており、前記像側結像要素の結像倍率を $\beta 1$ 、
1、該絞りの絞り径を固定したときの前記最終像面におけるスポットサイズを V 、
前記中間結像面におけるスポットサイズを U としたとき

$$5 \cdot V / |\beta 1| < U$$

となるように各要素を設定していること。

【0061】

(3-1-6) 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から
軸外まで画角に依存しない特定の収差を発生させることにより行っていること。

【0062】

(3-1-7) 前記特定の収差は軸上非点収差であること。

【0063】

(3-1-8) 前記物体側結像要素の中間結像面における結像性能の劣化は軸上から
軸外まで画角に依存しないで発生する子午断面の光線が子午断面から飛び出すね
じれの収差により行っていること。

【0064】

(3-1-9) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近での
スポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径

の2倍以上になっていること。

【0065】

(3-1-10) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が最小絞り値の時でも問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていること。

【0066】

(3-1-11) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の3倍以上になっていること。

【0067】

(3-1-12) 前記中間結像面において発生させる収差による該中間結像面付近でのスポットの径は、系が開放の時に問題となる前記ノイズ発生源の最小径の5倍以上になっていること。

【0068】

(3-1-13) 前記光学素子は焦点距離の変化しない単焦点距離部材より成っていること。

【0069】

(3-1-14) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、アナモフィックな屈折力を持つ面を有していること。

【0070】

(3-1-15) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、共通の対称面を持たない光学系より成っていること。

【0071】

(3-1-16) 前記物体側結像要素又は像側結像要素のうち少なくとも一方は、対称性の全くない面を含んでいること。

等の特徴としている。

【0072】

本発明の光学装置は、

(4-1) 構成(3-1)の光学系を用いて物体像を撮像素子に結像していることを特

徴としている。

【0073】

(4-2) 構成(3-2)のいずれかの光学系を少なくとも1つ含む光学装置において、物体の像を最終像面に結像させるトータルな結像光学系は、焦点距離、結像倍率、最終結像面でのピントのうちの少なくとも1つを変化させることができることを特徴としている。

【0074】

特に構成(4-1)又は(4-2)において

(4-2-1) 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.0 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0075】

(4-2-2) 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが最小絞り値のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0076】

(4-2-3) 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を β_{11} としたとき

$$1.5 \cdot b / |\beta_{11}| < SD$$

を満足すること。

【0077】

(4-2-4) 前記光学系の入射面近傍には絞りが設けられており、前記中間結像面におけるスポット径をSDとし、該絞りが開放のとき前記撮像素子の画素の寸法で与えられる最小分解能の長さをb、前記像側結像素子の結像倍率を $\beta 11$ としたとき

$$25 \cdot b / |\beta 11| < SD$$

を満足すること。

【0078】

(4-2-5) 前記少なくとも2つの光学系間又は光学系と像面間の相対的位置の変化を該光学系又は像面のうち少なくとも一つを基準軸方向に変位させて行っていること。

【0079】

(4-2-6) 前記光学系の焦点距離、結像倍率、最終結像面でのピントのうち少なくとも1つを変化させることをトータルな光学系を構成する少なくとも1つの部分の光学系のブロックの基準軸の沿っての最終像面に対する相対距離を変化させることによって行うこと。

等の特徴としている。

【0080】

【発明の実施の形態】

以下説明する各実施形態に、光学装置中に持たせるノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化する手段としては、最終結像面の結像性能に対して中間結像位置での結像性能を劣化させて、ノイズ発生源からの像面上で光強度分布の擾乱を平坦化するという光学的手段であるという実施例を示す。

【0081】

なお、最終結像面の結像性能に対して中間結像面における結像性能の劣化させるとは、具体的に言えば、たとえば、「中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像部分要素11の結像倍率を $\beta 11$ とし、絞り径を固定した時の最終像面でのスポットサイズをVとした場合、中間結像面におけるスポットサイズUが、 $V / |\beta 11|$ より意識的に大きくなるように、望ましくは $3V / |\beta 11|$ より大きく、更に望ましくは $5V / |\beta 11|$ より大きくなるよ

うに結像光学系5の構成要素のデータ（面形状、面間隔、屈折率、面と基準軸のなす角度）が設計されていること」である。

【0082】

ここで望ましくは解決する為の手段の欄で用いた3倍という数字は、ノイズ発生源による影響が11%程度に押えられる場合に対応する数字であり、5倍という数字はノイズ発生源による影響が4%程度に押えられる場合に対応する数字であり、実験的に求めた、注意して影響がはじめてわかるレベル、注意しても影響がほとんど分からないレベルに対応する、数字である。

【0083】

ここで本発明中で用いる「スポットサイズ」という用語を明確化しておこう。本発明においては、「スポットサイズ」を「スポットダイヤグラムの重心位置を中心にして描いた半径 $A_0/2$ の円中に、一つの物点からの光束の90%（光強度の90%）が含まれる時、この A_0 をスポットサイズと呼ぶ」ものとする。

【0084】

次に本実施形態について順次説明する。

【0085】

図1（A）は本発明の光学系の実施形態の要部断面図であり、光路も図示している。図1（B）は図1（A）の光路中におけるスポットダイヤグラムである。1は物体面である。5は曲率を有する複数の反射面が一体に形成された光学素子であり、結像光学系の一要素を構成している。光学素子5は透明体光学材料の表面に物体側からの基準軸光線に沿って順に、入射屈折面10-1及び鏡10-2、鏡10-3、鏡11-1、鏡11-2の4つの反射面と射出屈折面11-3を形成して、非共軸、Off-Axial光学系を構成している。

【0086】

2は中間結像面であり、内部充填の光学材料中に位置している。尚、光学素子5を構成する入射面10-1、出射面11-3、そして反射面10-2、10-3、11-1、11-2の屈折力は正又は負のいずれでも良い。以下、これらを単に「面」ともいう。

【0087】

面10-1, 10-2, 10-3は物体側結像要素(前方要素)10を構成し、面11-1, 11-2, 11-3は像側結像要素(後方要素)11を構成している。

【0088】

3は最終像面であり、CCD等の撮像素子の撮像面が位置する。4は光学素子5の物体側に配置された絞り、Laは光学系の基準軸である。

【0089】

次に本実施形態における結像作用を説明する。物体1からの光束は、絞り4により入射光量を規制された後、光学素子5の入射屈折面10-1に入射して屈折した後、凹面鏡10-2に達する。

【0090】

凹面鏡10-2は、物体光束を凸面鏡10-3へ反射するとともに、凹面鏡のパワーにより中間結像面2上に物体像を一次結像する。

【0091】

このように、早い段階にて光学素子5内に物体像を結像することにより、絞り4より像側に配置された面の光線有効径の増大を抑制している。

【0092】

中間結像面2に一次結像された物体光束は凹面鏡11-1、凹面鏡11-2にて順次反射して、それぞれの反射鏡の持つパワーによる影響を受けて射出屈折面11-3に達し、ここで屈折して光学素子5から射出する。次いで物体光束は最終像面3上に結像する。

【0093】

このように光学素子5は、曲率を有する複数の反射鏡による反射を繰り返しながら、所望の光学性能を持ち、全体として結像作用を有して、X方向とZ方向に極めて薄いレンズユニットとして機能している。

【0094】

又、本光学系においては、光学素子5をその入射基準軸と平行な方向に移動してフォーカシングを行う。

【0095】

又、図1は本発明の光学系の一例であって、本発明の光学系としては、この他に例えば曲率を有する複数の反射面が一体に形成された光学素子を複数個配置し、複数の光学素子を有する場合、又複数の光学素子をそれぞれ移動して変倍（ズームング）を行う変倍光学系がある。

【0096】

尚、本発明の光学系はビデオカメラやスチルビデオカメラ及び複写機等に組み込んで使用している。

【0097】

次に本実施形態の各要素を詳述する。一般に非共軸、Off-Axial 光学系においては、特開平9-5650号公報にも記されているように、基準軸Laと構成面の面法線が一致していないため、基準軸Laと面法線とを含む面P（YZ面）内と、面法線を含み面Pとは垂直な面Q（XY面）内では、面の曲率が同じでも違った光学的パワーを持つことになる。

【0098】

したがって、Off-Axial 光学系においては、構成面は一般にアナモルフィックな面である。構成面がアナモルフィックな面であれば、共軸回転対称系では対称性のゆえに生じることのなかった、すべての画角において画角に依存しない非点収差（軸上非点収差）を出すことが可能である。

【0099】

この軸上非点収差については従来の回転対称系では発生しない収差の為、今まで収差論の文献等ではあまりまとまった議論をされたことがないので、以下に説明する。この軸上非点収差は画角に依存せず発生する収差であり、回転対称性がない系においてのみ存在する種類の収差である。

【0100】

そしてこの収差は画角に依存せず瞳径の1次に依存する1次の収差である。この収差が1次であることは光学トレースをすれば容易に確認できるが軸上非点収差の場合は光学的パワーがアジマスによって違ふと考えることもできるので、平均的パワーに対する評価面を見た場合、大半のアジマスではデフォーカスと同等の次数で発生する収差、つまり1次の収差が出ることは直感的にも理解できる。

【0101】

こうした軸上非点収差は物体側結像要素、像側結像要素がアナモフィックで回転非対称なパワーを持つことで発生させることができる。オフアキシアル光学系は曲率が直交する2方向で同じでも異なったパワーを持つので、こうした収差は発生させやすい。

【0102】

このため、従来の瞳径の3次で発生する回転対称的な球面収差に比べて中間結像の劣化が大きく、その効果は1次であるためにデフォーカスと同等の効果を持たせることができる。

【0103】

この様子は図8に示した中間結像面上での横収差の模式図を使って説明すれば分かりやすい。特に暗い光学系では3次の収差ではなかなか中間結像の性能が劣化しないのに対し、1次の収差では傾いた直線になる為に劣化が3次収差に比べて大きく出せるということをこの図は示している。

【0104】

通常の光学系の設計では、収差をできるだけとる（少なくする）ように設計を行なうが、本発明においては、中間結像面2においてはできるだけ、収差を出すという逆転の発想をしている。

【0105】

つまり、本実施形態の図1の光学系では図1(B)のスポットダイアグラムの概念図に示されるように、中間結像面2（軸上非点収差がある時は、スポットが線状になる2個所のデフォーカス位置の中間の位置を以って便宜上、中間結像面2と定義することにする。）では画角に依存しない非点収差（軸上非点収差）を持つように物体側結像要素10を形成している、面10-1、10-2、10-3を設計している。

【0106】

そして、その軸上非点収差を打ち消すように像側結像要素11を構成する面11-1、11-2、11-3を設計している。つまり、物体側結像要素10、像側結像要素11のそれぞれ単独だけでは軸上非点収差を持つが、物体側結像要素

10と像側結像要素11とをあわせた全系としての結像光学系5としては収差補正されている光学系を構成している。

【0107】

このように物体側結像要素10、像側結像要素11において、画角に依存しない非点収差（軸上非点収差）を出しておけば、中間結像面2付近にごみ、泡、疵等のノイズ発生源があっても軸上非点収差のために、そのノイズ発生源によって、物体面1上の物点からの画像情報のすべてがケラれることはないので、またノイズ発生源は最終結像面3においては点として結像せず軸上非点収差によってボケた状態になるので、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されていることになる。

【0108】

一般に中間結像面2において意識的に発生させる軸上非点収差による中間結像面2付近でのスポットの大きさについては、ノイズ発生源によるノイズの許容限界仕様によって異なるが、最小絞り値においても問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の2倍以上望ましくは3倍以上の大きさがあれば、ノイズ源によってケラれる光量は大まかな見積りとしては、ほぼ径の比の2乗で効いてくるので、25パーセント（実験的に言って、影響はわかるが、何とか許容できるレベル）以下、望ましくは11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）以下になるので、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。つまり、撮像素子の画素等の大きさと与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素11の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））の2倍以上望ましくは3倍以上ということで、

$$10 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式2）以上}$$

望ましくは

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式3）以上}$$

大きさがあれば、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。

【0109】

ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素 11 の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす。

【0110】

また違った見方の仕様として、絞りを開放にしたときにノイズ発生源が目立たなくできるという仕様においては、絞りが開放で、意識的に発生させる軸上非点収差による中間結像面付近でのスポットの大きさが問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の3倍以上望ましくは5倍以上の大きさがあればノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）程度に押さえることができる。

【0111】

つまり、撮像素子の画素等の大きさと与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面 2 を撮像素子のある最終像面 3 に結像する時の像側結像要素 11 の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））の3倍以上望ましくは5倍以上ということで、

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \dots\dots\dots \text{（式4）以上}$$

望ましくは

$$25 \cdot b / |\beta_{11}| \dots\dots\dots \text{（式5）以上}$$

大きさがあれば、ノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント程度（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）に押さえることができる。

【0112】

ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素 11 の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす。

【0113】

なお、この実施形態ではノイズ発生源としては、図7（B）のタイプで話を進

めたが、タイプ(D) (内部充填タイプだけでなく中空タイプも含む)、タイプ(E)でも全く同様である。

【0114】

またここでは、発生させる収差は簡単のため、画角に依存せず全画角で一様に発生するものとして話を進めたが、一般にはそうした成分をバイアス成分として含んでいることが重要である。従って、画角に依存せず全画角で一様に発生する成分をバイアス成分として含んでおり全画角でほぼ上記スポットの大きさの条件を満たしていれば、画角に依存する収差成分がのっていても、本発明には含まれる。

【0115】

図2(A)は本発明の光学系の実施形態2の一部分の概念図である。図2(A)は光路図の1断面の一部を示している。図2(B)は内部結像面2近傍のスポットダイアグラムのデフォーカス特性の説明図である。

【0116】

図2(a)において結像光学系5は、非共軸、Off-Axial光学系であり、図1(A)とほぼ同様の光路図なので、中間結像面2近傍のみ描いてある。図1(A)と同様に、物体側結像要素10を形成している、面10-1、10-2、10-3および、像側結像要素11を形成している面11-1、11-2、11-3は一体に作られており中間結像面2は内部充填の光学材料中に位置している。

【0117】

ここで実施形態1と違うのは、中間結像面2で意識的に発生させる収差の種類である。一般に非共軸、Off-Axial光学系においては、軸上非点収差の他に、軸上から軸外まで画角に依存せず発生し、子午断面の光線が子午断面から飛び出す名づけて「ねじれの収差」が存在する。

【0118】

本実施形態では、この「ねじれの収差」を発生させて、中間結像面2での結像性能を劣化させている。この「ねじれの収差」については、従来の回転対称系では存在しないため、以下に詳しく説明する。

【0119】

これは、たとえば、図2 (A) (したがって図1 (A)) の構成面10-1、10-2、10-3、11-1、11-2、11-3の少なくとも一つがこの図の紙面の上下に対して、対称性を持たないならば、物点のアジマスと入射瞳4面上のアジマスが等しい光線群（子午断面内の光線群と呼ばれるもので、図3 (A) では紙面内に含まれる光線群が相当する）であっても、その対称性を持たない面を通過した後の、光線群は子午断面の平面内に収まることがなくなり、お互いの光線は3次元空間内で図3 (B) に示すような「ねじれの関係」を持ったものになる。

【0120】

そのため、お互いにねじれの関係にある光線群は一点で集光することがなくなる。また、同じ物点から射出し同じ瞳径で瞳のアジマスが異なる部分を通る円錐状の光線群においても、その対称性を持たない面を通過した後はお互いに3次元空間内でのねじれの関係になるために、図3 (C) に示すような包絡面が一葉双曲面を構成することになる。このような、光線群のスポットダイアグラムの概念図が図2 (B) である。

【0121】

一般に、こうしたねじれは系の対称性の欠如によって生じるが、光線トレースによって容易に確認できるように、そのねじれの量の最低次数は1次である。従ってこの「ねじれの収差」も瞳径の1次に依存する1次の収差である。このため、この収差も軸上非点収差と同様に図8に示した横収差の模式図に示すように、従来の瞳径の3次でも発生する回転対称的な球面収差に比べて、中間結像の劣化が大きく、その効果は1次であるためにデフォーカスと同等の効果を持たせることができる。

【0122】

具体的には、この収差は物体側結像要素、像側結像要素中に共通な対称面がないこと、つまり面の表現式で C_{11} の成分を持つ面を持たせることによって生じさせることができる。この C_{11} がかかわっていることからいっても、1次の収差であることは明らかである。

【0123】

ここで成分 C_{11} は特開平9-5650号公報の明細書中の(数式1)に示している。具体的には、物体面から像面に至る基準波長の光路(基準軸)が曲面と交わる点において面法線が基準軸と一致しない平面ではない曲面(Off-Axial曲面)を含む光学系の、Off-Axial曲面の形状を、上記交点を原点とし z 軸を面法線とした座標系で2次の項から始まる

$$z(x,y)=C_{20}x^2+2C_{11}xy+C_{02}y^2+D_{30}x^3+3D_{21}x^2y+3D_{12}xy^2+D_{03}y^3 \\ +E_{40}x^4+4E_{31}x^3y+6E_{22}x^2y^2+4E_{13}xy^3+E_{04}y^4+\dots \quad (\text{数式1})$$

で定義している。

【0124】

こうした収差をもつ系での中間結像面2は、スポットの径が一番細くなるデフォーカスをとるのが自然なのでそのようにとることにすれば、実施形態1と全く同様の議論ができる。(「ねじれの収差」は画角に依存しない。しかし、この収差は回転対称系では発生しない種類の収差である。)通常的光学系の設計では、収差をできるだけとるように設計を行なうが、この実施形態においても、中間結像面2においてはできるだけ、収差を出すという逆転の発想をする。

【0125】

つまり、本実施形態の図2の光学系では図2(B)のスポットダイアグラムの概念図に示されるように、中間結像面2では画角に依存せず発生し、スポットサイズが瞳径に比例するという性質を持つ「ねじれの収差」を持つように、物体側結像要素10を形成している面10-1、10-2、10-3が設計している。

【0126】

そして、その「ねじれの収差」を打ち消すように像側結像要素11を構成する面11-1、11-2、11-3を設計している。つまり、物体側結像要素10、像側結像要素11それぞれ単独だけでは「ねじれの収差」を持つが、物体側結像要素10と像側結像要素11とをあわせた全系としての結像光学系5としては収差補正されている光学系を構成している。

【0127】

このように物体側結像要素10、像側結像要素11において、画角に依存しな

い「ねじれの収差」を出しておけば、中間結像面2付近にごみ、泡、疵等のノイズ発生源があっても「ねじれの収差」のために、そのノイズ発生源によって、物体面1上の物点からの画像情報のすべてがケラれることはないので、またノイズ発生源は最終結像面3においては点として結像せず「ねじれの収差」によってボケた状態になるので、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されていることになる。

【0128】

一般に中間結像面において意識的に発生させる「ねじれの収差」による中間結像面付近でのスポットの大きさについては、ノイズ発生源によるノイズの許容限界仕様によって異なるが、実施形態1と同様に、最小絞り値においても問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の2倍以上望ましくは3倍以上の大きさがあれば、実施形態1と同様に、ノイズ源によってケラれる光量は大まかな見積りで25パーセント（実験的に言って、影響はわかるが、何とか許容できるレベル）以下、望ましくは11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）以下になるので、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。

【0129】

つまり、撮像素子の画素等の大きさと与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素11の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））の2倍以上望ましくは3倍以上ということで、

$$10 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式2）以上}$$

望ましくは

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式3）以上}$$

大きさがあれば、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。

【0130】

ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素11の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす

。また違った見方の仕様として、絞りを開放にしたときにノイズ発生源が目立たなくできるという仕様においては、絞りが開放で、意識的に発生させる「ねじれの収差」による中間結像面付近でのスポットの大きさが問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の3倍以上望ましくは5倍以上の大きさがあればノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）程度に押さえることができる。

【0131】

つまり、撮像素子の画素等の大きさで与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素11の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））の3倍以上望ましくは5倍以上ということで、

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式4）以上}$$

望ましくは

$$25 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式5）以上}$$

大きさがあれば、ノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）程度に押さえることができる。ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素11の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす。

【0132】

なお、この実施形態ではノイズ発生源としては、図8（B）のタイプで話を進めたが、タイプ（D）（内部充填タイプだけでなく中空タイプも含む）、タイプ（E）でも全く同様である。

【0133】

また、図2（A）のような光路図を持ち、画角に依存せず瞳径にのみ依存し、回転対称系では存在しないような高次の収差（瞳径への依存の次数が「ねじれの収差」より高次の2次となる）に、軸上コマ収差（偏心コマ収差とも呼ばれる）

があるが、この収差は次数が高い分だけ「ねじれの収差」よりもぼけさせる効果が小さくはなるが、それでも回転対称系での最低次数の3次の球面収差に比べては大きい。この収差も画角に依存せず発生する非対称な収差という意味では同様に中間像をぼかす効果を持つので効果は実施形態2と全く同様である。

【0134】

ここでも、発生させる収差は簡単のため、画角に依存せず全画角で一様に発生するものとして話を進めたが、一般にはそうした成分をバイアス成分として含んでいることが重要である。従って、画角に依存せず全画角で一様に発生する成分をバイアス成分として含んでおり全画角でほぼ上記スポットの大きさの条件を満たしていれば、画角に依存する収差成分がのっていても、本発明には含まれる。

【0135】

図4は本発明の光学系の実施形態3の要部概念図である。この実施形態においては、中間結像する光学系は単レンズではなくズーム光学系である。この実施形態に対応するオフアキシアル光学系に対するズーム光学系は特開平8-292372号公報に開示されており、物体面1の像を中間結像させ、その中間像を最終像面に結像させている。

【0136】

図4は実施形態3における、光路図の1断面である。本実施形態は今まで実施形態1から2までに示した考え方をこのズーム光学系に拡張した場合の概念図であり、図4には光学要素B1からB3で示される3つのブロックが、基準軸La方向に相対移動して焦点距離、倍率、最終像面のピントを変える3群ズームの例として示してある。

【0137】

広角端から望遠端への変倍に際しては光学要素B1は固定、光学要素B2はZ軸プラス方向に凸の軌跡で前後移動し、光学要素B3はZ軸マイナス方向への移動、最終像面3は固定という構成の例である。この図には、各ズームステートでの3つの内部結像面2-1、2-2、2-3近傍のスポットダイアグラムのデフォーカス特性は示していないが、その特性は実施形態1または実施形態2のそれと同様である。

【0138】

一般に、焦点距離を変えたり、結像倍率を変えたりすれば、中間結像面の位置はそれに応じて変化する。こうした場合、中間結像面での結像特性を意識的に劣化させておかなければ、ある焦点距離のある結像倍率で、ゴミ、泡、疵等のノイズ発生源がたまたまその中間結像面になくて目立たない場合であっても、違う焦点距離、結像倍率では中間結像面が移動するため見えてくる場合も多い。

【0139】

そこで、本実施形態では、Off-Axial光学系の面形状の非対称性の自由度を利用して、すべてのズームステートにおいて、中間結像面上での結像特性を意識的に劣化させた上で、最終結像面3での収差はおさえる構成にしている。

【0140】

一般的に言って、Off-Axial光学系においては、面の表現の上で回転対称系では値が0であった、非対称性を表わす係数が多く使えるためにこうした設計は可能である。一般に中間結像面において意識的に発生させる画角に依存しない収差による中間結像面付近でのスポットの大きさについては、ノイズ発生源によるノイズの許容限界仕様によって異なるが、実施形態1と同様に、最小絞り値においても問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の2倍以上望ましくは3倍以上の大きさがあれば、ノイズ源によってケラれる光量は大まかな見積りで25パーセント（実験的に言って、影響はわかるが、何とか許容できるレベル）以下、望ましくは11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）以下になるので、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。

【0141】

つまり、撮像素子の画素等の大きさで与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素11の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））2倍以上望ましくは3倍以上ということで、

$$10 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{（式2）以上}$$

望ましくは

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{(式3) 以上}$$

大きさがあれば、すべての絞り値においても、ノイズ発生源からの像面上での光強度分布の擾乱は平坦化されるという効果を持つ。

【0142】

ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素11の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす。また違った見方の仕様として、絞りを開放にしたときにノイズ発生源が目立たなくできるという仕様においては、絞りが開放で、意識的に発生させる画角に依存しない収差による中間結像面付近でのスポットの大きさが問題となるノイズ発生源の大きさ（撮像素子の分解能と関連があり、ほぼ前出の（式1）で与えられる。）の3倍以上望ましくは5倍以上の大きさがあればノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）程度に押さえることができる。

【0143】

つまり、撮像素子の画素等の大きさと与えられる最小分解能 b に対しては、中間結像面2を撮像素子のある最終像面3に結像する時の像側結像要素11の結像倍率を β_{11} とした場合、（前出の（式1））の3倍以上望ましくは5倍以上ということで、

$$15 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{(式4) 以上}$$

望ましくは

$$25 \cdot b / |\beta_{11}| \cdots \cdots \text{(式5) 以上}$$

大きさがあれば、ノイズ発生源による光量の擾乱は絞りを開放にすれば、11パーセント（実験的に言って、注意して見てようやく影響がわかるレベル）程度望ましくは4パーセント（実験的に言って、注意して見ても影響がほとんどわからないレベル）程度に押さえることができる。

【0144】

ここで、 $|\beta_{11}|$ は像側結像要素11の結像倍率を β_{11} の絶対値を表わす

。ここでも、発生させる収差は簡単のため、画角に依存せず全画角で一様に発生するものとして話を進めたが、一般にはそうした成分をバイアス成分として含んでいることが重要である。

【0145】

従って、画角に依存せず全画角で一様に発生する成分をバイアス成分として含んでおり全画角でほぼ上記スポットの大きさの条件を満たしていれば、画角に依存する収差成分がのっていても、本発明には含まれる。

【0146】

なお、今までの4つの実施形態での説明では、問題となるノイズ源の大きさとして(式1)程度のものを中心に議論してきた。これは、一般的には管理されたプロセスで製造された光学系内に存在するごみ等のノイズ源は、径が小さいものほど多く、径が大きくなるにつれて急激に数が減少していくという事実(図5の模式的グラフ参照)に即して、影響のあるノイズ源で一番数の多いものに着目したためである。

【0147】

しかしながら、一般に問題となるノイズ源の大きさが(式1)以上のものも存在する。一般に、光束が一部でもケラれないで最終像面に届く場合は、光量の問題はあっても情報は最終像面まで伝わるのに対し、中間結像面でのスポット径が、その位置に存在するノイズ源と同じ大きさの時、物体面からの光束は完全にケラれるために、物体面からの情報はその部分だけ完全に欠落することになる。この完全欠落した情報は画像処理等の処理を行なっても復元はむずかしい。このことをふまえて、実施形態中で述べてきた中間結像面でのスポットの径が、問題となる最小ノイズ発生源の径 r_0 に対して「最小絞り値の時で2倍以上望ましくは3倍以上」、または「絞り開放の時に3倍以上望ましくは5倍以上」と大きくなることの意味を説明する。

【0148】

一般に、中間結像面でのスポット径が大きくなるということは、情報を完全に欠落させるノイズ源の大きさがそれに伴って大きくなることを意味する。このことは、図5に模式的にグラフを示すように、管理されたプロセスで製造された光

光学系内に存在するごみ等のノイズ源は、径が小さいものほど多く、径が大きくなるにつれて急激に数が減少していくという事実をふまえれば、中間結像面でのスポット径を大きくするにつれて情報を完全に欠落させるノイズ源の数が急激に減少していくということを意味する。（図5中の斜線部分は中間結像面でのスポット径が r_0 の5倍の場合の情報を完全欠落させるノイズ源の数に対応するもので、スポット径が r_0 の場合に比べて急激に減少している。）このことは、結像光学系のノイズ源による不良率が、中間結像面でのスポット径を大きくするにつれて急激に小さくなることに対応するものである。

【0149】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように、物体像を最終像面に至るまでの光路中に少なくとも1回、中間結像させる光学装置において、物体側結像要素のレンズ系および中間像を最終像面に再結像させる像側結像要素のレンズ系を適切に設定することによって、該中間像位置及びその近傍にノイズ発生源が存在する場合であっても最終像面上で前記ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化することにより、最終像面上の画像上のノイズによる擾乱を目立ちにくくし、最終像面において良好なる画像が得られるようにした光学素子及びそれを用いた光学装置を達成することができる。

【0150】

特に、本発明では、物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1回結像させる物体側結像要素および中間像を最終像面に再結像させる像側結像要素を含み物体像を最終像面に結像させる光学素子を備える光学装置において、該中間結像面位置にノイズ発生源が存在する場合には最終像面上で前記ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を光学的に平坦化することにより、最終像面上の画像上のノイズによる擾乱を目立ちにくくできるという効果がある。

【0151】

特に、ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化する手段を、中間結像位置での結像性能を劣化させて、ノイズ発生源からの像面上で光強度分布の擾乱を平坦化するという光学的手段にすることにより、特に、部材を増やすことなく容

易に最終像面上の画像上のノイズによる擾乱を目立ちにくくできるという効果がある。

【0152】

さらに、その光学系を物体側結像要素、像側結像要素の少なくともいずれかはオフアキシャル曲面を含むオフアキシャル光学系にすることで、オフアキシャル光学系の持つ光学配置上での自由度が増す（得にオフアキシャル反射面はコンパクト配置がしやすい）という効果の他に、従来の共軸回転対称光学系では出せなかったような、軸上非点収差や「ねじれの収差」を簡単に出すことができるので、より容易に最終像面上の画像上のノイズによる擾乱を目立ちにくくできるという効果を持たせることができる。

【0153】

また、一般的に言って光学素子のノイズ源による不良率を、中間結像面でのスポット径を大きくさせることによって急激に小さくすることができるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態1の要部概略図

【図2】

本発明の実施形態2の要部概略図

【図3】

本発明に係る「ねじれの収差」を説明するための概念図

【図4】

本発明の実施形態3の要部概略図

【図5】

ノイズ源の径とノイズ源の数（密度）の関係を示す模式図

【図6】

従来の中間結像をする結像系の概念図

【図7】

従来の中間結像位置に存在するノイズ発生源を説明するための概念図

【図8】

本発明に係る横収差の概念図

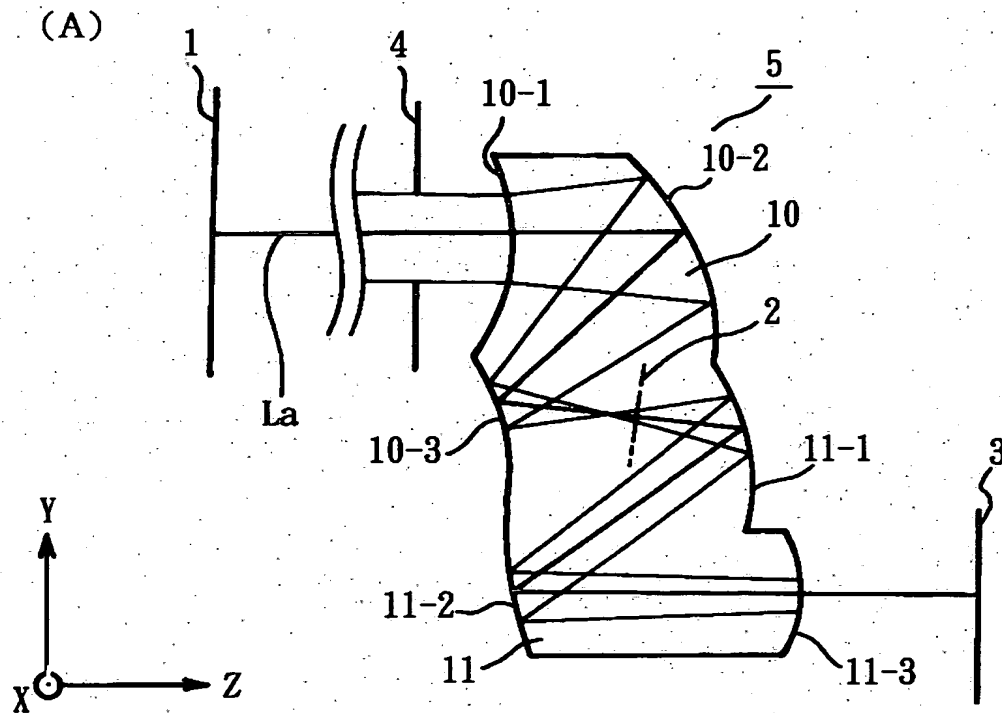
【符号の説明】

- 1 物体面
- 2 中間結像面
- 3 最終像面
- 4 絞り面、入射瞳面
- 5 光学要素
- L a, 8 基準軸
- 10 物体側結像要素
- 11 像側結像要素
- 12 フィールドレンズ等の中間結像面が存在する光学媒質
- 10-1~10-3, 11-1~11-3 面

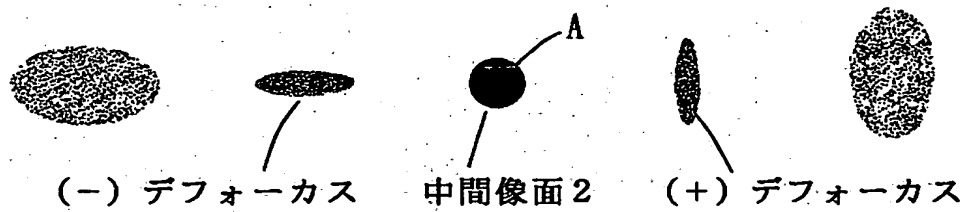
【書類名】

図面

【図1】

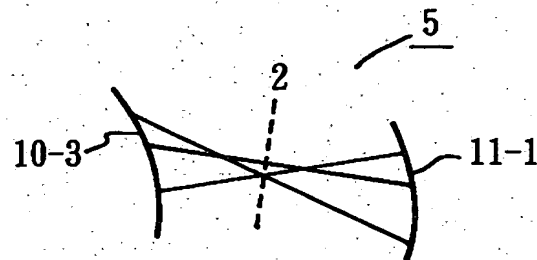


(B)

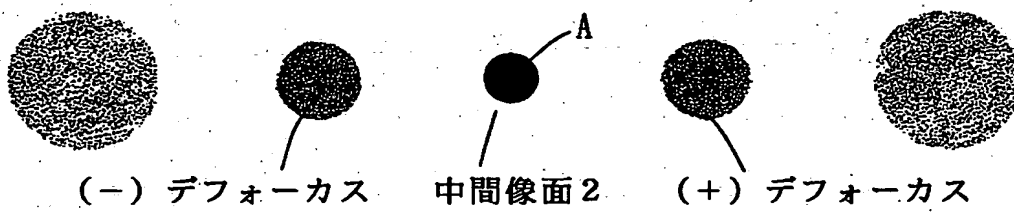


【図2】

(A)

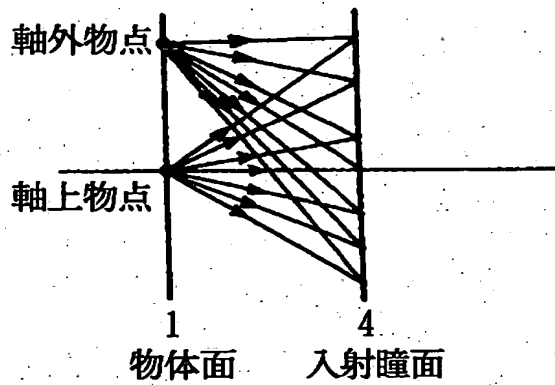


(B)

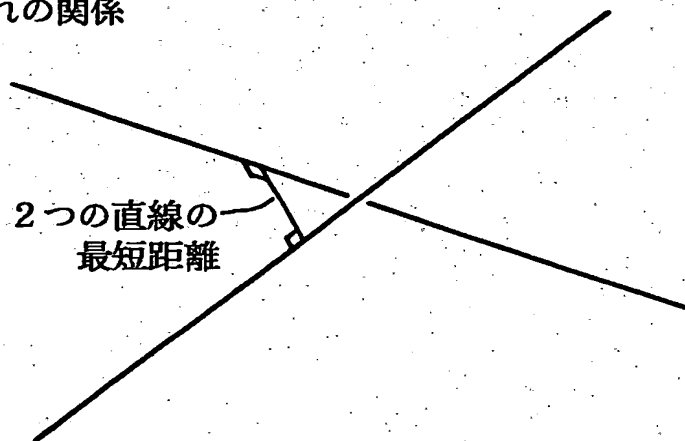


【図3】

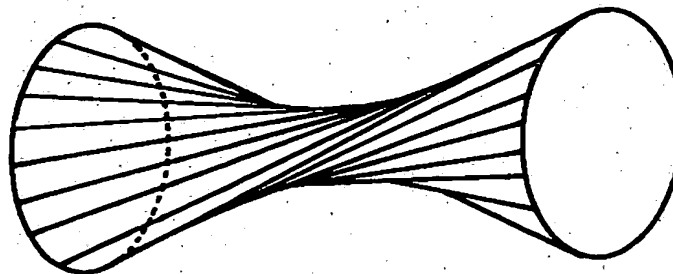
(A) 子午断面内光線群



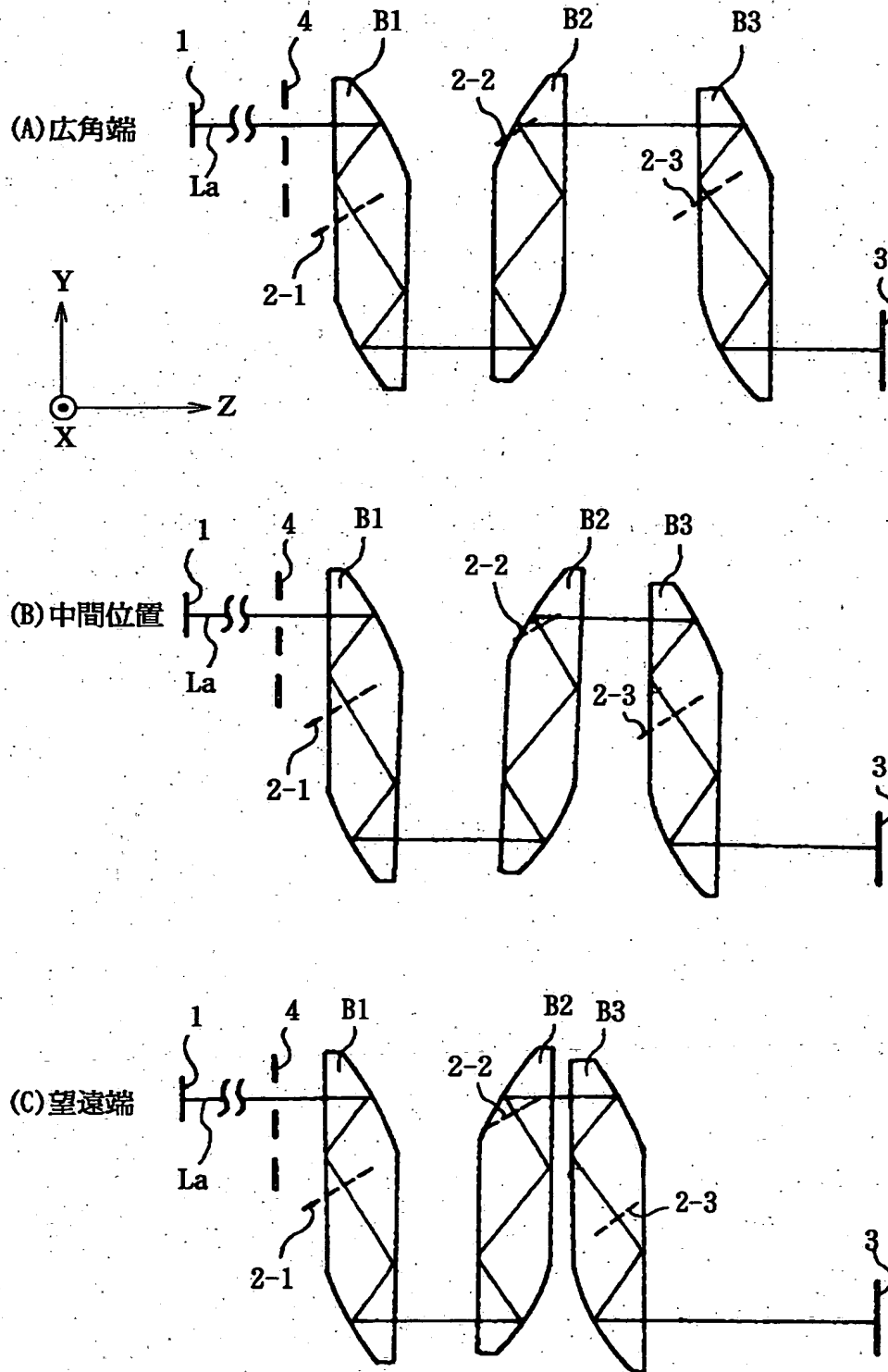
(B) ねじれの関係



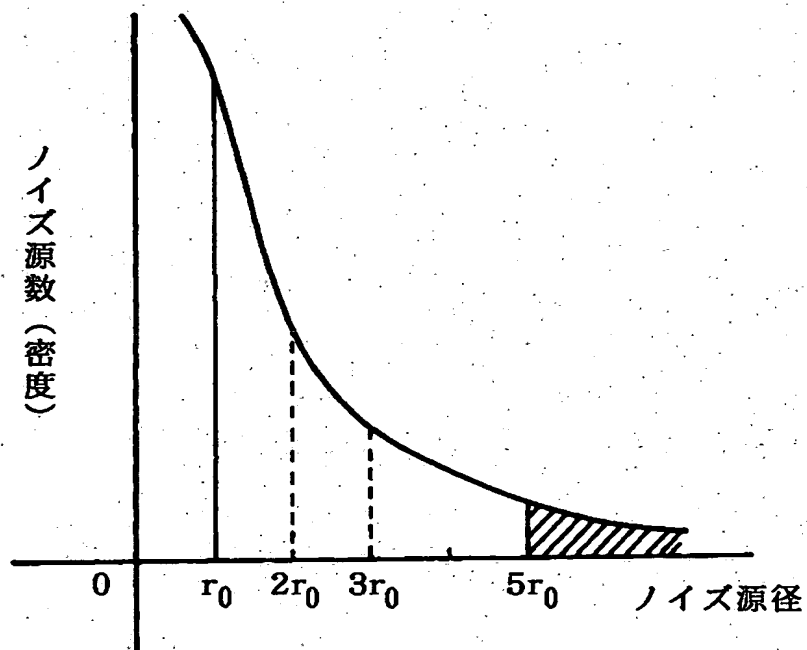
(C)



【図4】

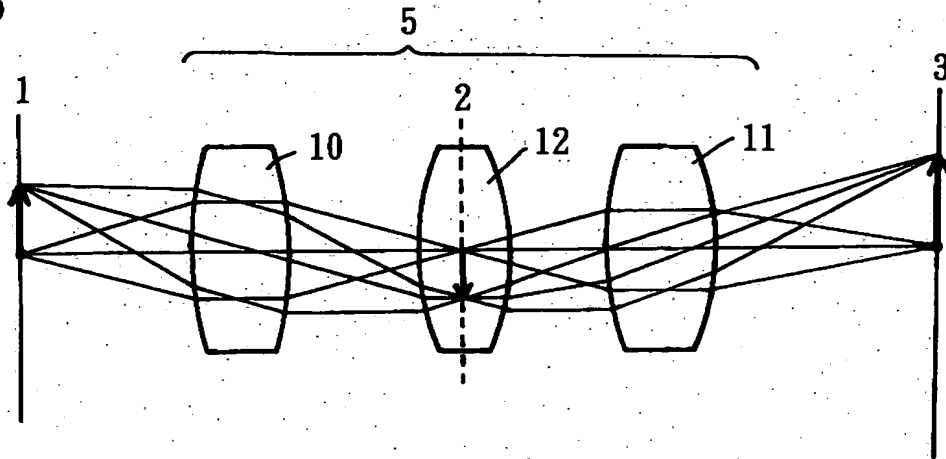


【図5】

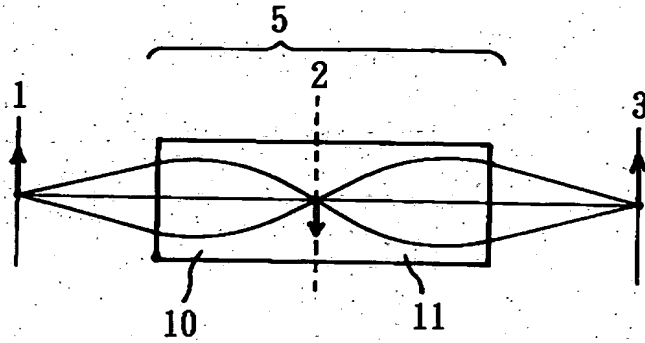


【図6】

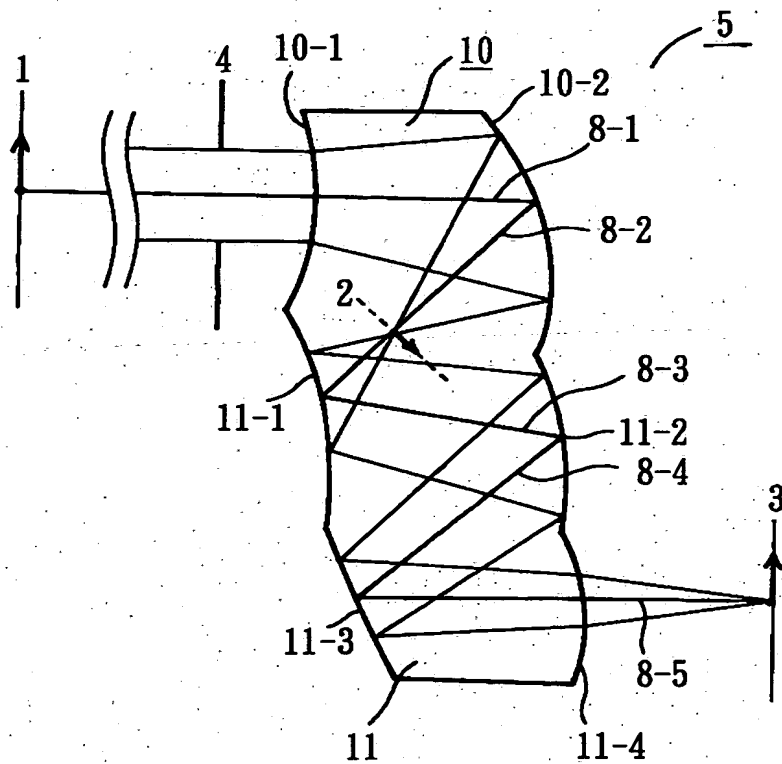
(A)



(B)

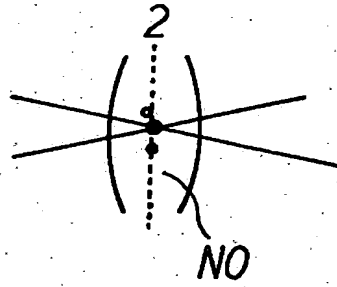


(C)

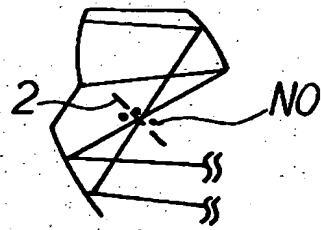


【图7】

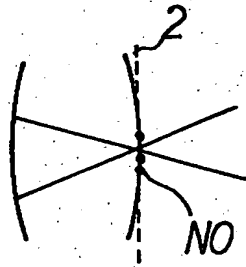
(A)



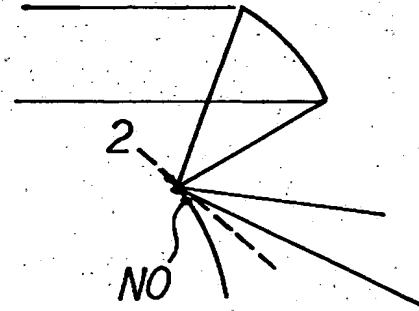
(B)



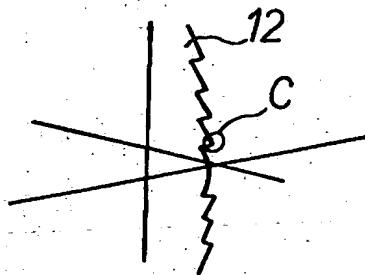
(C)



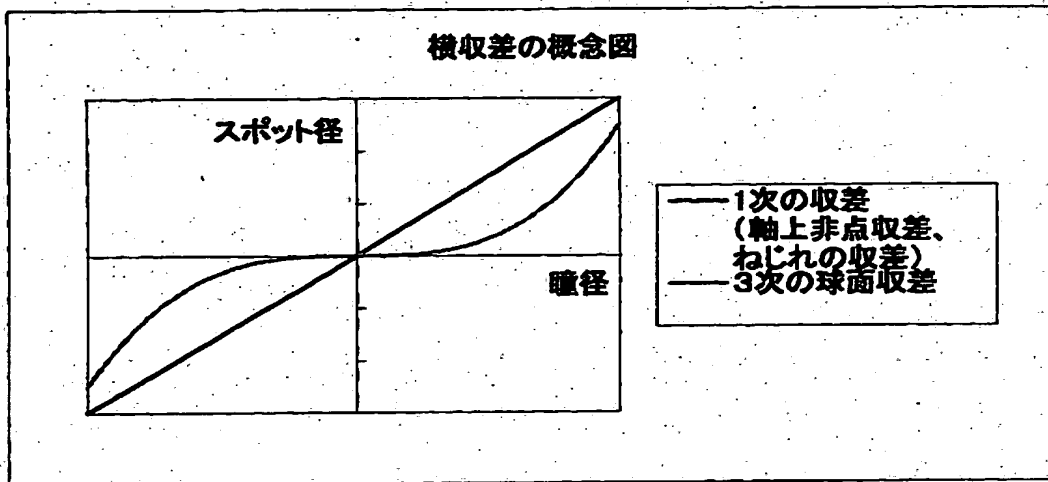
(D)



(E)



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 物体像を中間結像を介して最終像面に良好なる光学性能を有して結像させることができる光学素子及びそれを用いた光学装置を得ること。

【解決手段】 物体像を最終像面に至る前の光路中の中間結像面に少なくとも1回結像させる物体側結像要素および中間結像面に形成した物体像を最終像面に再結像させる像側結像要素を含み、該物体像を最終像面に結像させる光学素子を備え、該物体側結像要素又は該像側結像要素の少なくとも一方はオフアキシアル曲面を含むオフアキシアル光学系より成り、該物体側結像要素と像側結像要素の双方の諸収差を制御して、該中間結像面近傍にノイズ発生源が存在する場合に、最終像面上で該ノイズ発生源による光強度分布の擾乱を平坦化していること。

【選択図】 図1

【書類名】
【訂正書類】

職権訂正データ
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001007

【住所又は居所】

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】

キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100086818

【住所又は居所】

東京都目黒区自由が丘2丁目9番23号 ラポール

自由が丘301号 高梨特許事務所

【氏名又は名称】

高梨 幸雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社